

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**до лабораторної роботи 4**  
**«Побудова агентних моделей у середовищі AnyLogic»**  
**за курсом**  
**«Моделювання систем»**  
**для студентів**  
**спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення»,**  
**спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»**

Харків 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до лабораторної роботи № 4  
«Побудова агентних моделей у середовищі AnyLogic»  
за курсом  
«Моделювання систем»

для студентів спеціальностей:

121 - Інженерія програмного забезпечення, спеціалізація Програмне забезпечення систем;

122 – Комп'ютерні науки, спеціалізації - Інформаційні управляючі системи та технології; Управління проектами в сфері інформаційних технологій

Затверджено  
редакційно-видавничою радою  
університету,  
протокол №2 від 24.05.2018 року

Харків  
НТУ«ХП»  
2018

Методичні вказівки до проведення лабораторних занять за курсом «Моделювання систем» для студентів спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення, спеціалізація – Програмне забезпечення систем; спеціальності 122 – Комп’ютерні науки, спеціалізації – Інформаційні управляючі системи та технології, Управління проектами в сфері інформаційних технологій /укл. – І. П. Гамаюн, С. І. Єршова, А. М. Копп, І. В. Лютенко, К. В. Мельник, О. В. Янголенко – Харків: НТУ «ХПІ», 2018. – 30 с.

Укладачі І. П. Гамаюн,  
С. І. Єршова,  
А. М. Копп,  
І. В. Лютенко,  
К. В. Мельник,  
О. В. Янголенко

Рецензент О. Ю. Чередниченко

Кафедра програмної інженерії та інформаційних технологій управління

## ЗМІСТ

Лабораторна робота № 4 «Побудова агентних моделей у середовищі AnyLogic».....	4
Мета роботи.....	4
Хід роботи.....	4
1. Знайомство з об'єктом моделювання .....	4
2. Створення популяції агентів.....	4
3. Завдання поведінки споживачів .....	9
4. Додання графіку для візуалізації результатів моделювання.....	13
5. Додання ефекту рекомендацій.....	19
Завдання на виконання .....	23
Довідкові матеріали до самостійної роботи.....	23
1. Урахування повторних продажів продукту .....	23
2. Урахування часу доставки продукту .....	24
3. Моделювання відмов від купівлі продукту.....	26
4. Варіанти індивідуальних завдань.....	28
Контрольні питання .....	28
Список літератури .....	30

## Лабораторна робота № 4

### «ПОБУДОВА АГЕНТНИХ МОДЕЛЕЙ У СЕРЕДОВИЩІ ANYLOGIC»

#### Мета роботи

Метою роботи є:

- навчитися створювати популяції агентів;
- навчитися задавати поведінку агентів та відображати її за допомогою діаграм;
- навчитися реалізовувати взаємодію агентів за допомогою обміну повідомленнями.

#### Хід роботи

##### 1 Знайомство з об'єктом моделювання

Побудуємо агентну модель, яка дозволить вивчити процес виводу нового продукту на ринок.

Розглянемо відносно невеликий ринок споживачів, чисельністю 5000 людей. З точки зору реалізації моделі кожен споживач буде являти собою агента.

Оскільки розглядається процес виводу нового продукту на ринок, то спочатку ніхто не користується даним продуктом.

Люди починають купувати продукт під дією реклами.

Після цього початкового етапу більш сильний вплив на продажі буде надавати спілкування людей один з одним, рекомендації та позитивні відгуки споживачів продукту, що спонукають інших на його придбання.

##### 2 Створення популяції агентів

Необхідно запустити AnyLogic та створити нову модель. Ввести у поле **Ім'я моделі** назву *Market*.

Перенести елемент **Агент** з палітри **Агент** на діаграму *Main*.

На сторінці створення агентів **Створення нового типу агента**, в поле **Ім'я нового типу**, ввести Consumer (рис. 4.1):

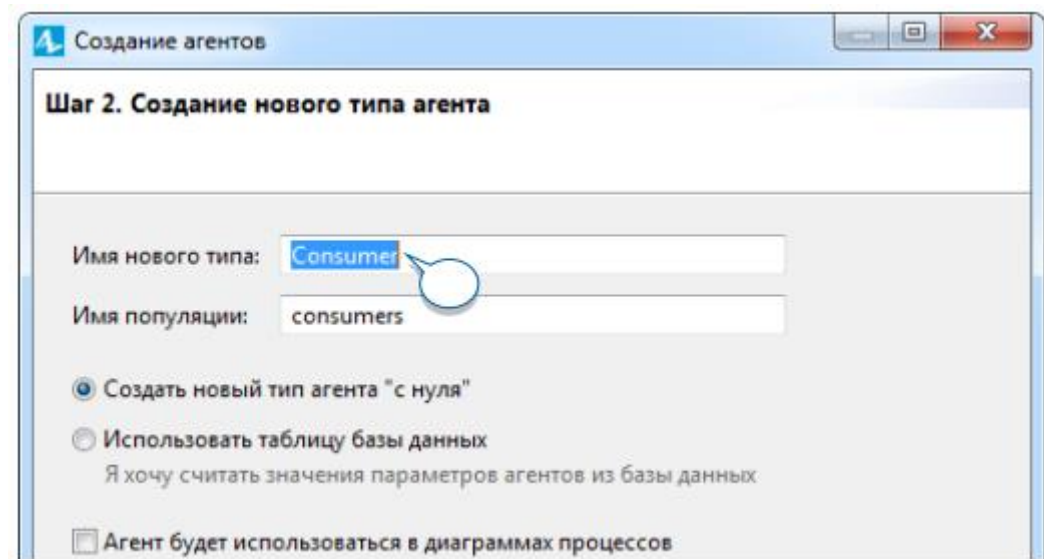


Рисунок 4.1 – Створення нового типу агента

На сторінці **Анімація агента** обрати фігуру анімації агента. Обрати опцію **2D** та першу фігуру (**Людина**) з розташованого нижче списку (рис. 4.2):

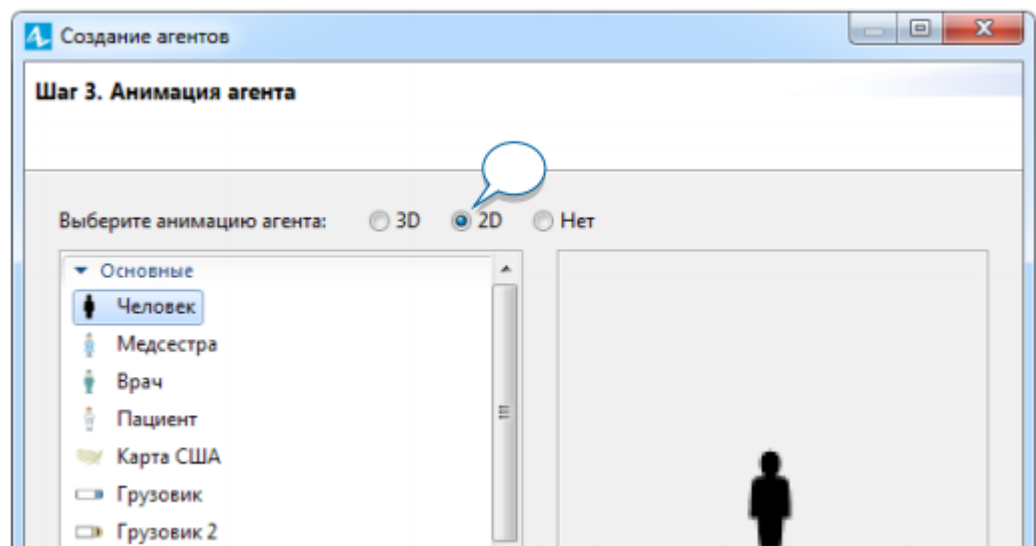


Рисунок 4.2 – Анімація агента

На наступній сторінці додати параметр *AdEffectiveness* (ефективність реклами), для того щоб задати відсоткову долю потенційних споживачів, які бажають купити продукт протягом дня внаслідок впливу реклами (рис. 4.3):

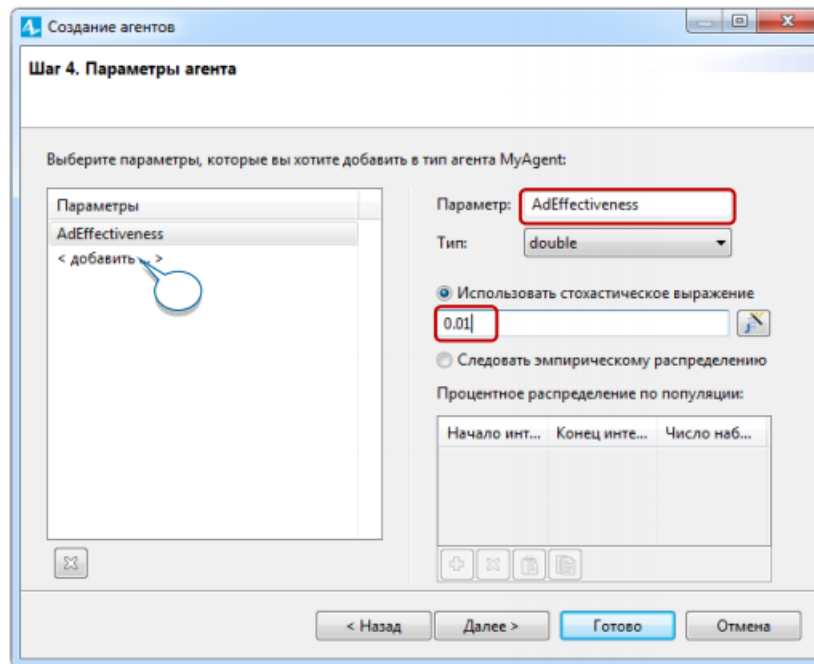


Рисунок 4.3 – Параметры агента

На наступній сторінці **Розмір популяції** в полі **Створити популяцію з ... агентами** необхідно ввести значення 5000 (рис. 4.4):

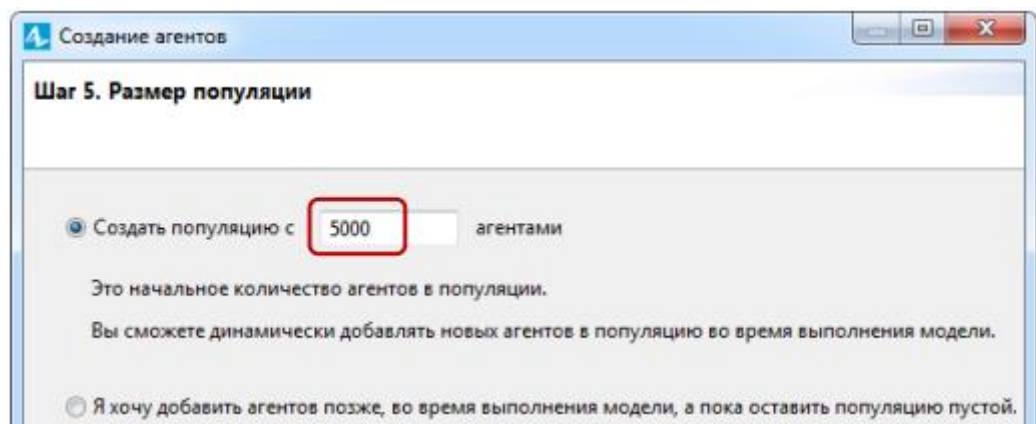


Рисунок 4.4 – Розмір популяції

На сторінці **Конфігурація створюваного середовища** необхідно обрати опцію **Застосувати випадкове розташування** агентів (рис. 4.5):

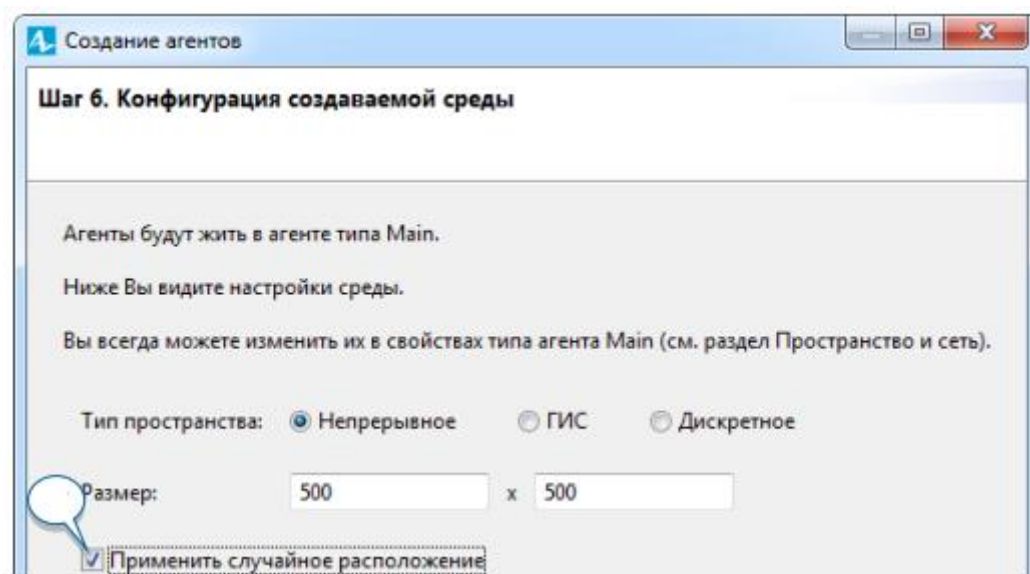


Рисунок 4.5 – Конфігурація створюваного середовища

Таким чином, модель містить два типи агентів: *Main* та *Consumer* (рис. 4.6). Тип агента *Consumer* містить фігуру анімації агента (*person* у гілці **Презентація**) та параметр *AdEffectiveness*. Тип агента *Main* містить популяцію агентів, яка називається *consumers* (набір з 5000 агентів типу *Consumer*).

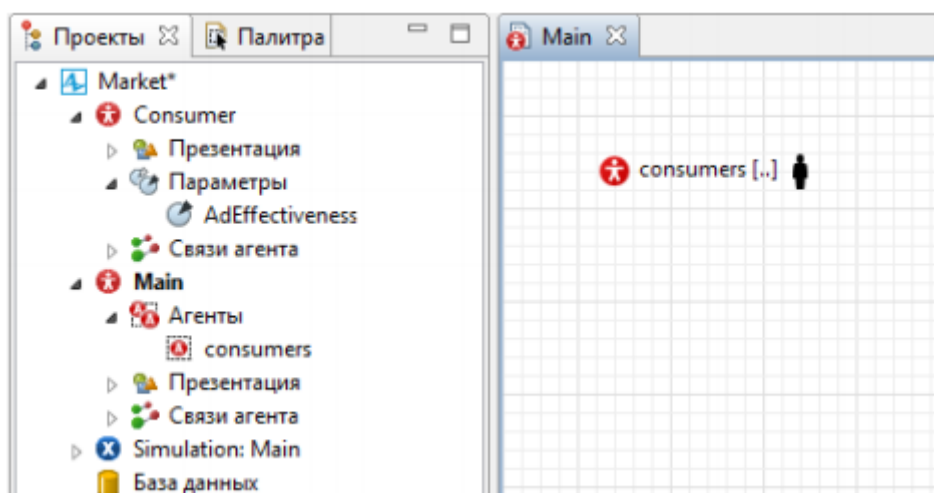


Рисунок 4.6 – Типи агентів *Main* та *Consumer*



Далі необхідно виділити фігуру анімації популяції агентів, розташовану на діаграмі *Main*, відкрити секцію її властивостей **Специфічні** та обрати опцію **Малювати агента зі зсувом від даної точки** (рис. 4.7):

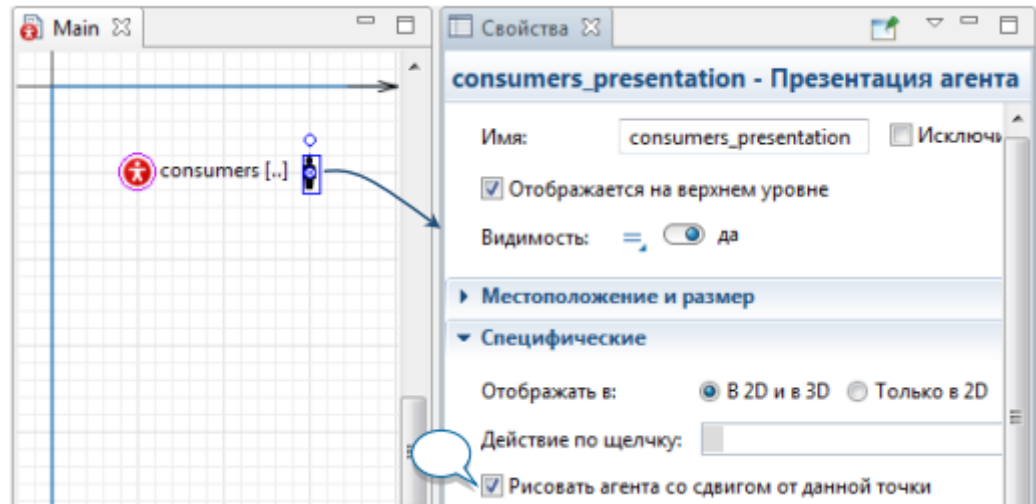


Рисунок 4.7 – Специфічні властивості агента

Після цього, створення простішої агентної моделі було завершено. Тепер можна запустити дану модель та поспостерігати за поведінкою агентів (рис. 4.8):

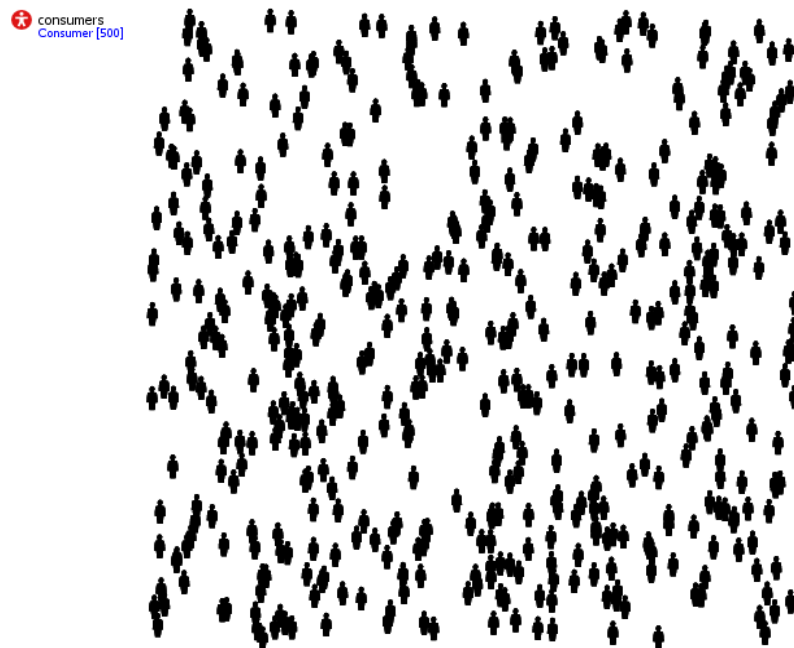


Рисунок 4.8 – Поведінка агентів

### 3 Завдання поведінки споживачів

Перенести елемент **Початок** діаграми станів з палітри **Діаграма станів** на діаграму *Consumer* (рис. 4.9):

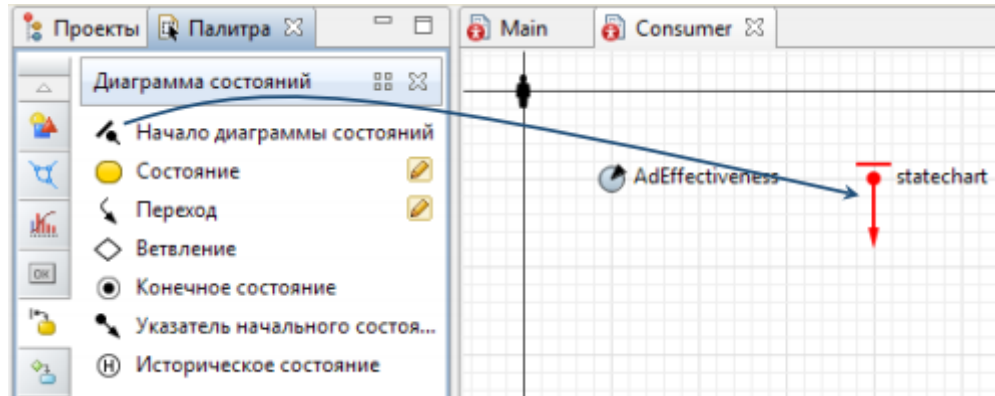


Рисунок 4.9 – Додання початку діаграми станів

Перенести елемент **Стан** з палітри **Діаграма станів** та з'єднати його з початком діаграми (Рисунок 4.10):

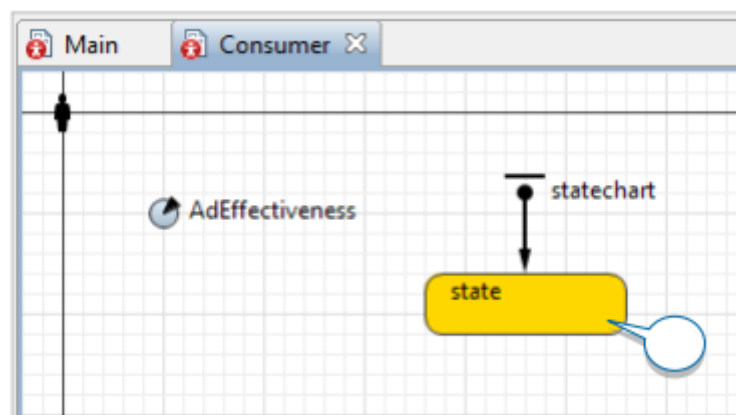


Рисунок 4.10 – Додання стану

Виділити доданий стан та змінити його властивості. Назвати стан *PotentialUser*. В полі елемента управління **Колір заливки** змінити колір заливки стану на *lavender* (рис. 4.11):

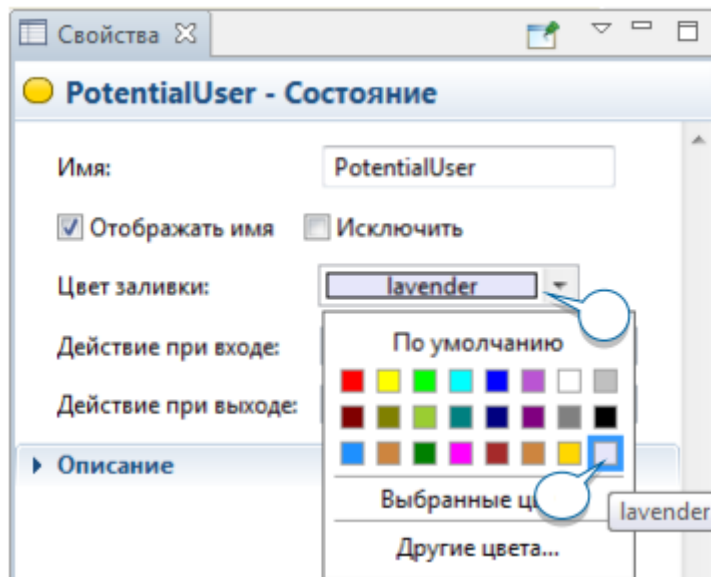


Рисунок 4.11 – Властивості доданого стану

Ввести наступний Java код у поле стану **Дія при вході**:  
`shapeBody.setFillColor(lavender)` (рис. 4.12):

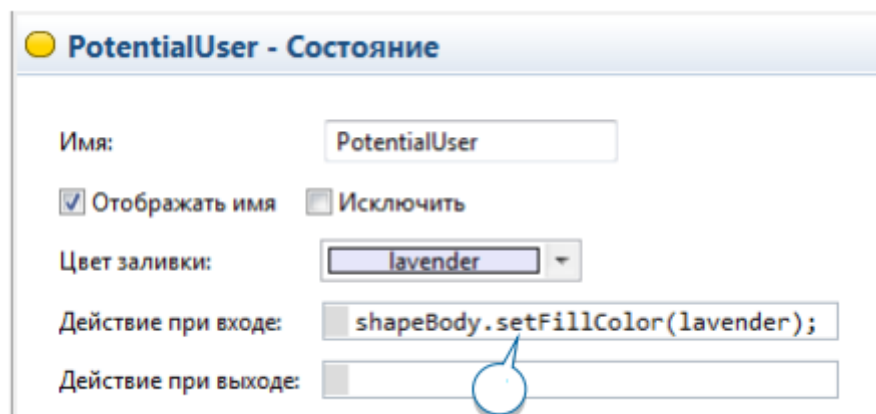


Рисунок 4.12 – Дія стану при вході

Додати ще один стан до діаграми станів споживача (рис. 4.13):

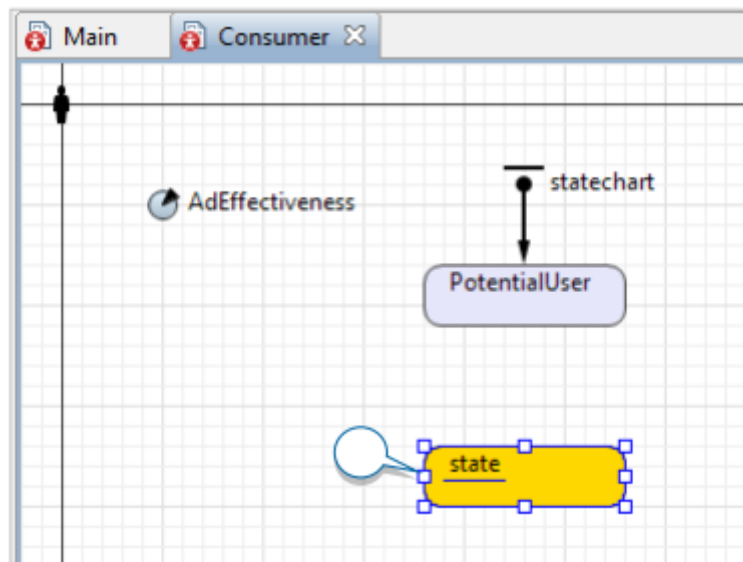


Рисунок 4.13 – Додання нового стану до діаграми станів споживача

Змінити властивості даного стану (рис. 4.14):

- 1) **Ім'я:** User;
- 2) **Колір заливки:** yellowGreen;
- 3) **Дія при вході:** shapeBody.setFillColor(yellowGreen).

Рисунок 4.14 – Властивості доданого стану

Додати перехід зі стану *PotentialUser* до стану *User* для того, щоб промоделювати, як людина придбає продукт (рис. 4.15):

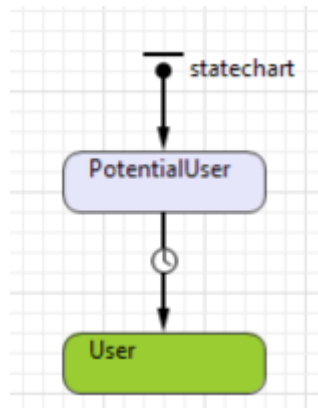


Рисунок 4.15 – Додання переходу між станами

Назвати доданий перехід *Ad* (реклама). Позначити властивість **Відображати ім'я**. У властивості переходу **Відбувається** необхідно обрати опцію **З заданою інтенсивністю**. В поле **Інтенсивність** ввести ім'я змінної *AdEffectiveness*, обрати одиниці інтенсивності спрацьовування переходу – в день (рис. 4.15):

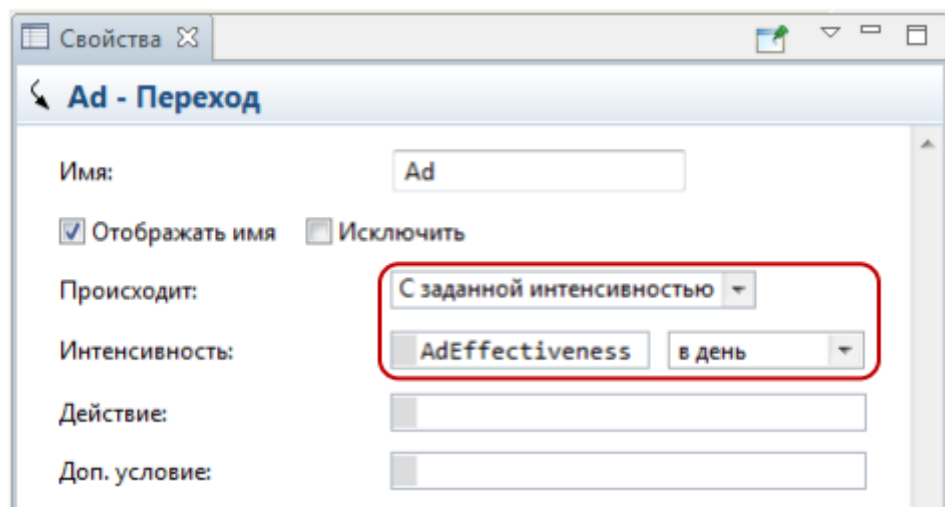


Рисунок 4.16 – Властивості доданого переходу

Для налаштування одиниць модельного часу необхідно перейти у панель **Властивості** моделі та обрати **дні** в якості **Одиниць модельного часу** (рис. 4.17):

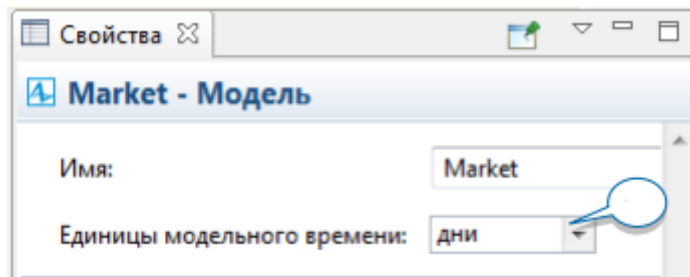


Рисунок 4.17 – Одиниці модельного часу

Модель можна запустити на виконання. Популяція агентів постійно зафарбовується у зелений колір (зміна, до якого призводить ефект реклами), доки кожний потенційний споживач не придбає продукт (рис. 4.18):

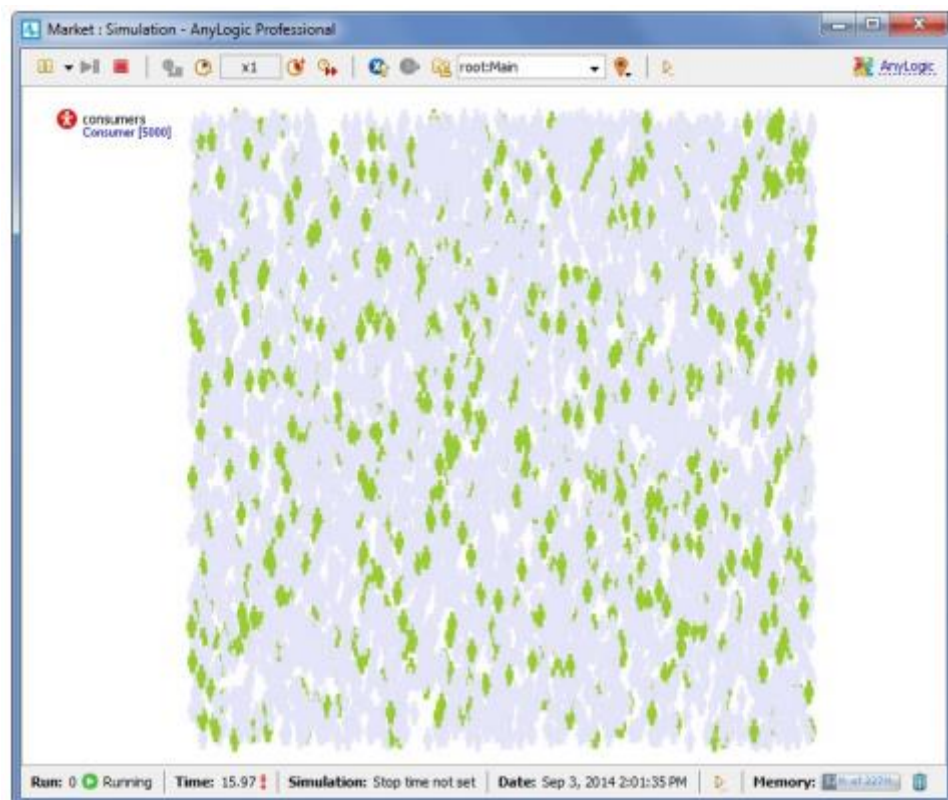


Рисунок 4.18 – Вплив ефекту реклами

#### 4 Додання графіку для візуалізації результатів моделювання

Спочатку задамо функцію, яка буде рахувати кількість потенційних споживачів. Для того, щоб додати нову функцію підрахунку статистики по популяції агентів, необхідно відкрити діаграму агента *Main*, виділити

популяцію агентів consumers та перейти у розділ властивостей **Статистика**. Натиснути на кнопку **Додати** (рис. 4.19):

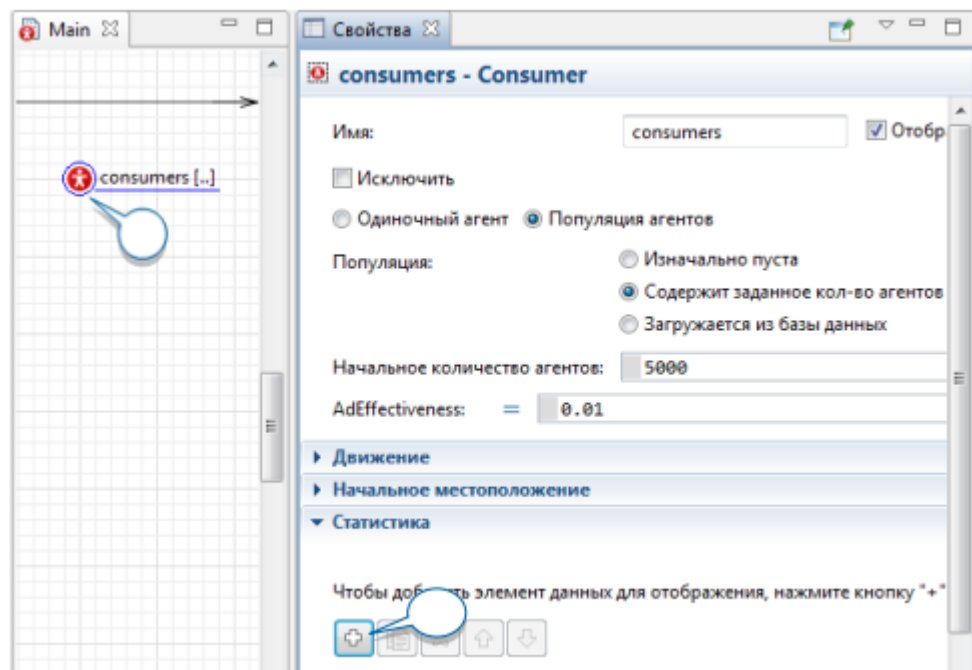


Рисунок 4.19 – Розділ властивостей **Статистика**

Необхідно задати функцію типу **Кількість**, в поле ім'я ввести *NPotential*. Функція статистики типу **кількість** проходить по усім агентам популяції та підраховує тих агентів, для яких виконується задана умова (Рисунок4.20):

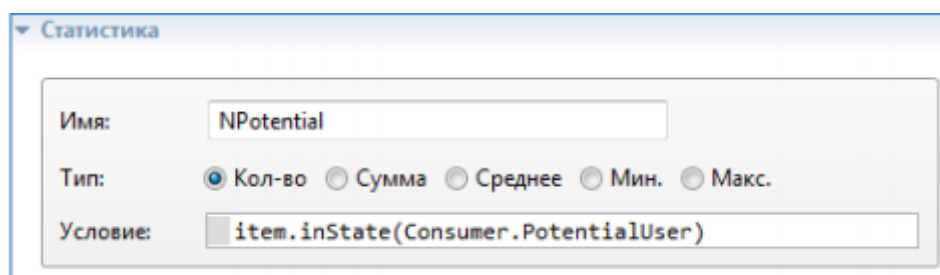
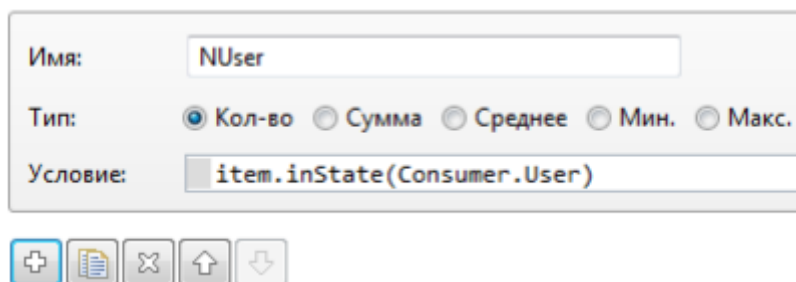


Рисунок 4.20 – Створення функції для підрахунку потенційних споживачів

Також необхідно створити другу функцію статистики для підрахунку споживачів продукту (рис. 4.21):



Имя: NUser

Тип: ☒ Кол-во ☐ Сумма ☐ Среднее ☐ Мин. ☐ Макс.

Условие: `item.inState(Consumer.User)`

Buttons: +, [icon], X, Up, Down

Рисунок 4.21 – Створення функції для підрахунку споживачів

Відкриємо палітру **Статистика** та перенесемо елемент **Часова діаграма з накопиченням** з палітри на діаграму *Main* для того, щоб створити графік, який буде відображати динаміку змін кількості потенційних споживачів та володарів продукту (рис. 4.22):

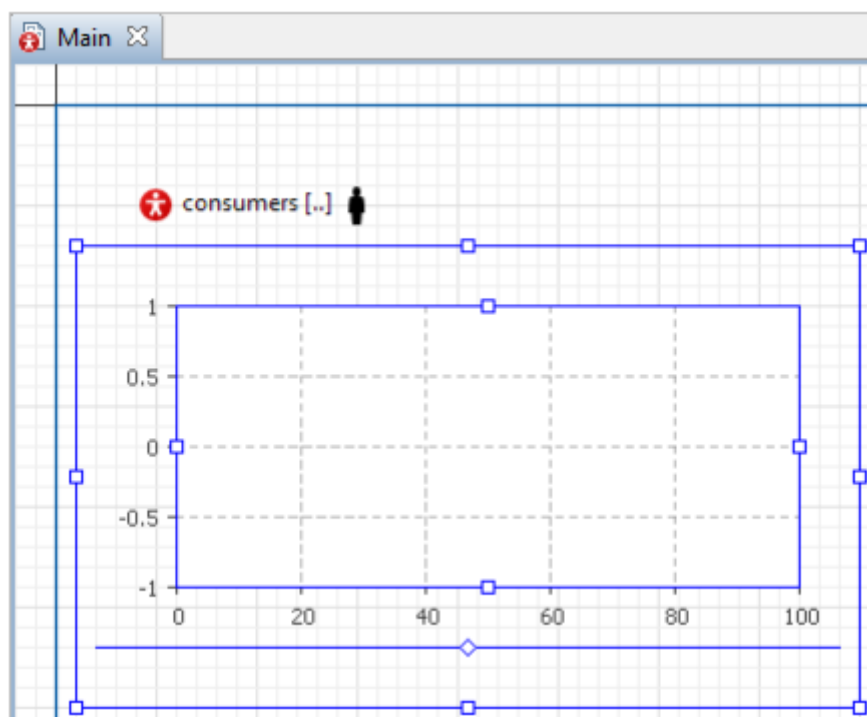


Рисунок 4.22 – Створення графіку динаміки змін кількості споживачів



У властивостях часової діаграми з накопиченням необхідно скористатися кнопкою **Додати** для того, щоб вказати, яку саме статистику буде відображати даний графік (рис. 4.22):

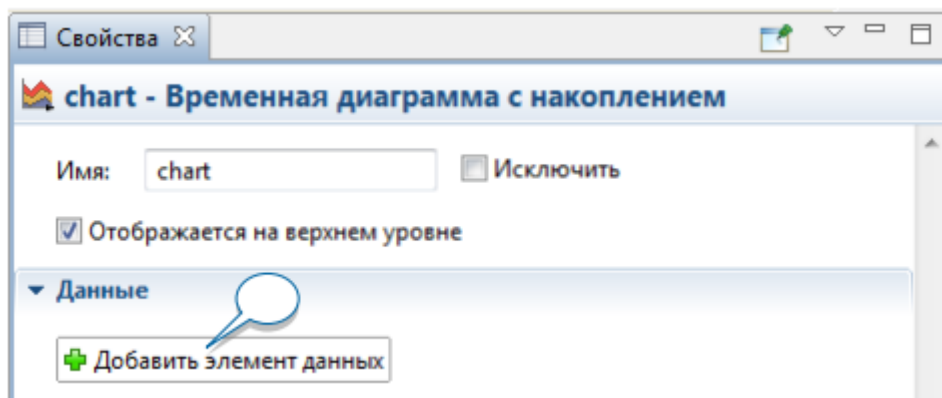


Рисунок 4.22 – Визначення статистики, яку буде відображати графік

Властивості елемента даних необхідно налаштувати наступним чином (рис. 4.23):

- 1) **Заголовок:** *Users*;
- 2) **Колір:** *yellowGreen*;
- 3) **Значення:** *consumers.NUser()*.

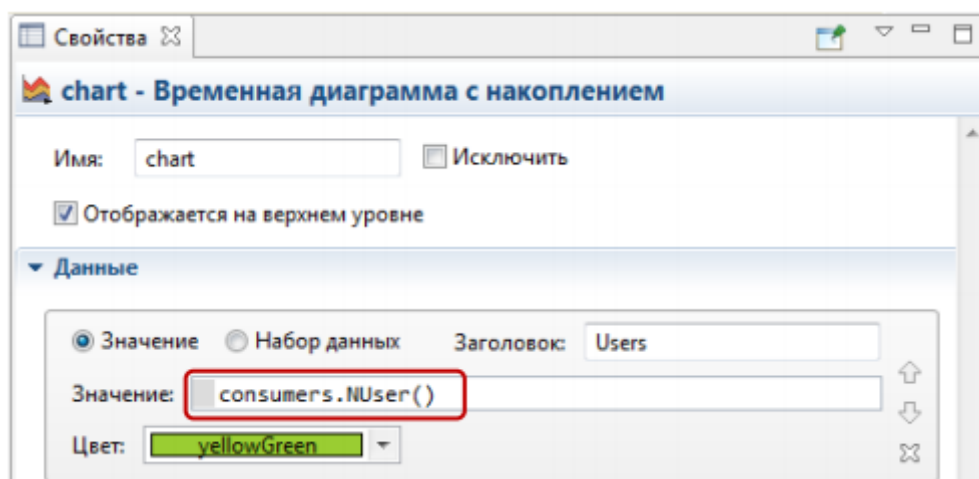


Рисунок 4.23 – Налаштування властивостей доданого елемента даних

Також необхідно додати ще один елемент даних (рис. 4.24):

- 1) **Заголовок:** *Potential users*;
- 2) **Колір:** *lavender*;
- 3) **Значення:** *consumers.NPotential()*.

Рисунок 4.24 – Створення другого елементу даних

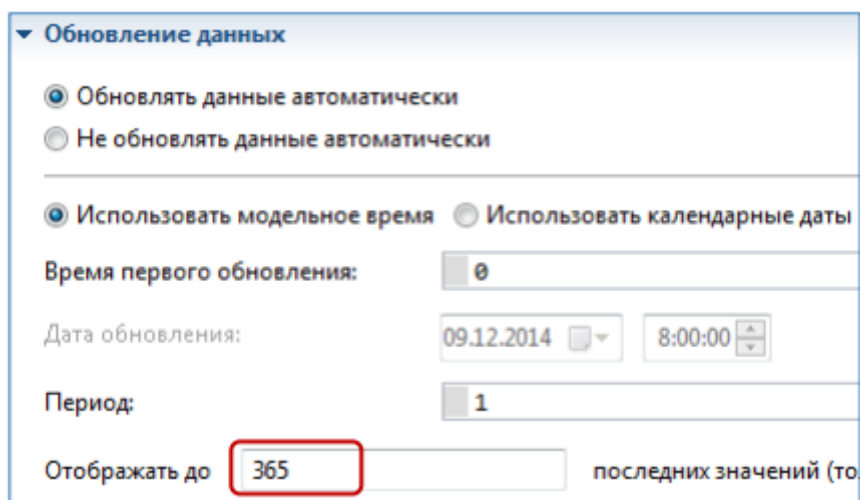
Для того, щоб переглядати дані одразу за весь рік, необхідно змінити властивості графіку. Для цього необхідно перейти у розділ властивостей **Масштаб** та задати **Часовий діапазон**, який дорівнює *1 року* (рис. 4.25):

Рисунок 4.25 – Налаштування часового діапазону

Тип **Вертикальної шкали** необхідно встановити **Фіксованим** та ввести 5000 у поле **До** (рис. 4.26):

Рисунок 4.26 – Налаштування діапазону значень для осі Y

Після цього необхідно перейти у секцію **Оновлення даних** та ввести 365 у поле **Відобразити до ... останніх значень** (рис. 4.27):



▼ Обновление данных

☒ Обновлять данные автоматически  
☐ Не обновлять данные автоматически

☒ Использовать модельное время ☐ Использовать календарные даты

Время первого обновления: 0

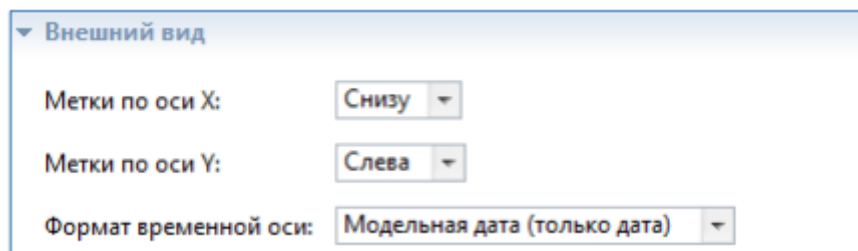
Дата обновления: 09.12.2014 8:00:00

Период: 1

Отображать до 365 последних значений (то

Рисунок 4.27 – Налаштування максимальної кількості значень даних, які відображаються на графіку

У секції властивостей графіку **Зовнішній вигляд** обрати опцію **Модельна дата (лише дата)** зі списку **Формат часової осі** (рис. 4.28):



▼ Внешний вид

Метки по оси X: Снизу

Метки по оси Y: Слева

Формат временной оси: Модельная дата (только дата)

Рисунок 4.28 – Налаштування формату часової осі

Тепер можна запустити модель на виконання та спостерігати за моделюванням процесу за допомогою створеної діаграми (рис. 4.29):

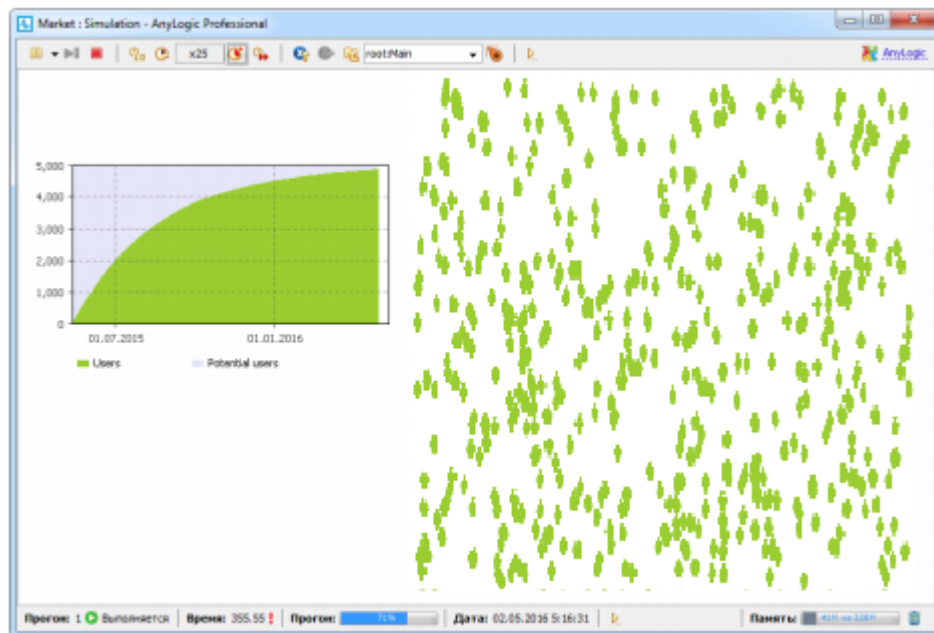


Рисунок 4.29 – Спостереження за моделюванням процесу за допомогою діаграми

## 5 Додання ефекту рекомендацій

Відкрити діаграму агента *Consumer* та додати параметр, який буде задавати середню кількість контактів споживача з іншими людьми протягом дня. Для цього необхідно перенести елемент **Параметр** з палітри **Агент** на діаграму агента *Consumer*.

Доданий параметр назвати *ContactRate*.

У властивостях цього параметру ввести 1 у поле **Значення за замовченням**.

Додати ще один параметр, *AdoptionFraction*, який задає ймовірність придбання продукту в результаті спілкування з користувачем цього продукту. У властивостях даного параметру задати **Значення за замовченням** 0.01.

Діаграма типу агента *Consumer* матиме наступний вигляд (рис. 4.30):

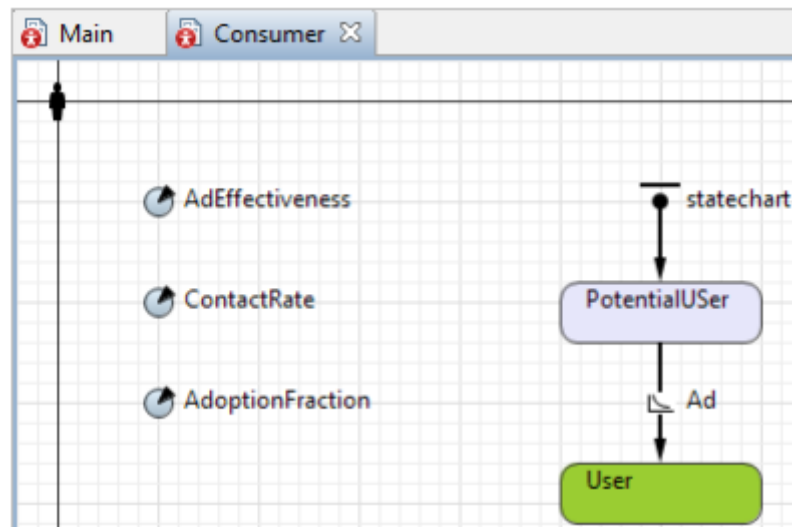


Рисунок 4.30 – Діаграма типу агента *Consumer*

Виконаємо моделювання спілкування агентів поміж собою. Всередині стану *User* необхідно створити перехід (рис. 4.31):

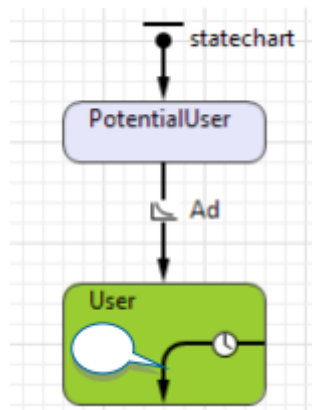


Рисунок 4.31 – Створення переходу всередині стану *User*

Доданий перехід буде відбуватися із **Заданою інтенсивністю**, яка дорівнює значенню параметра *ContactRate*. Перехід назвати *Contact* та відобразити його ім'я на діаграмі. При спрацьовуванні переходу повинна виконуватися **Дія** *sendToRandom ("Buy")*; (рис. 4.32):

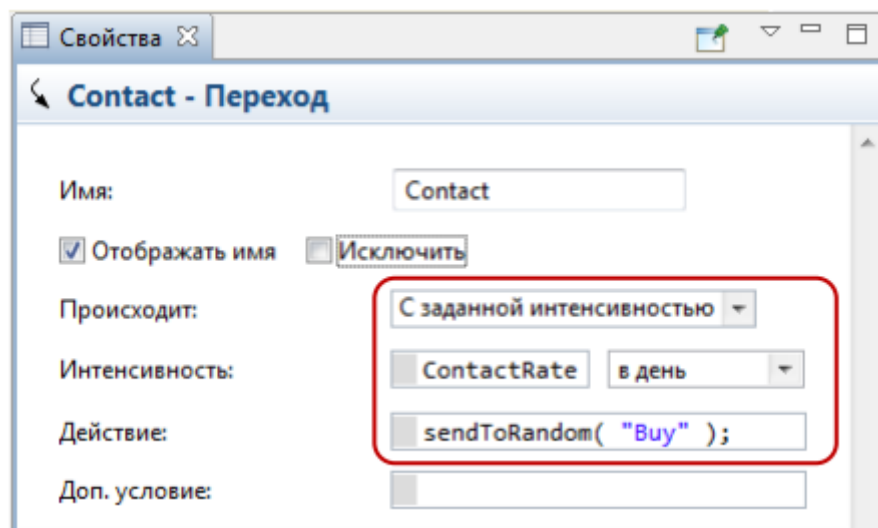


Рисунок 4.32 – Налаштування створеного переходу

Для моделювання купівлі продукту в результаті рекомендації інших людей, необхідно створити ще один перехід зі стану *PotentialUser* до стану *User* та назвати його *WOM* (рис. 4.33):

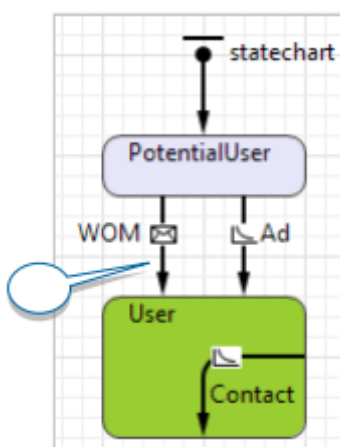


Рисунок 4.33 – Створений перехід

Властивості даного переходу повинні бути наступними (рис. 4.34):

- 1) список **Відбувається** – **При отриманні повідомлення**;
- 2) властивість **Здійснювати перехід** – **При отриманні заданого повідомлення**;
- 3) поле **Повідомлення** – *“Buy”*;
- 4) **Дод. умова** переходу – *randomTrue (AdoptionFraction)*.

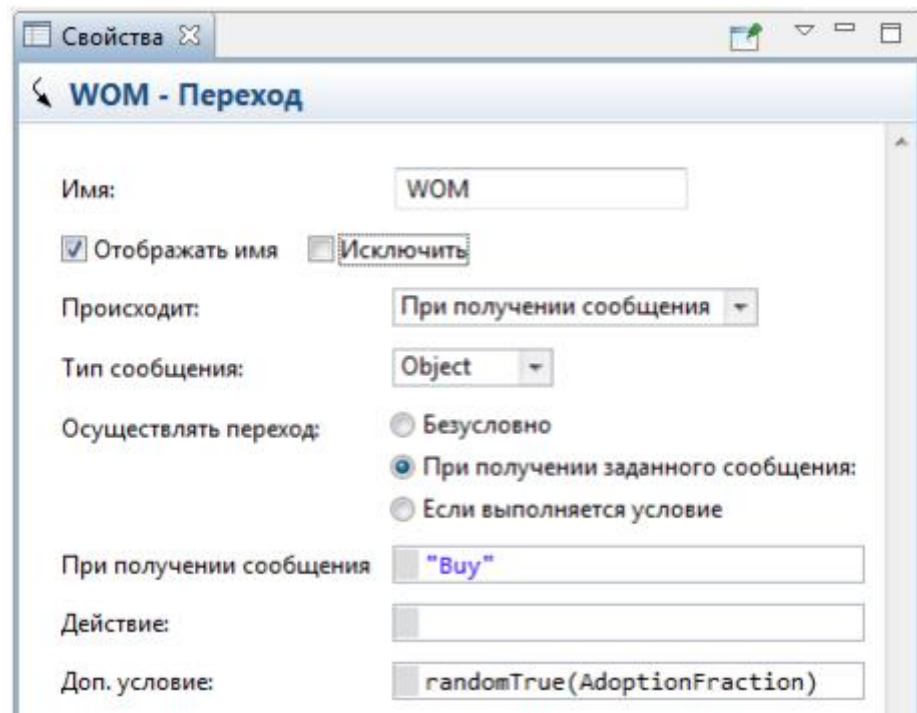


Рисунок 4.34 – Властивості створеного переходу

Насичення ринку тепер буде відбуватися швидше, а графік продемонструє відому криву виходу нового продукту на ринок (рис. 4.35):

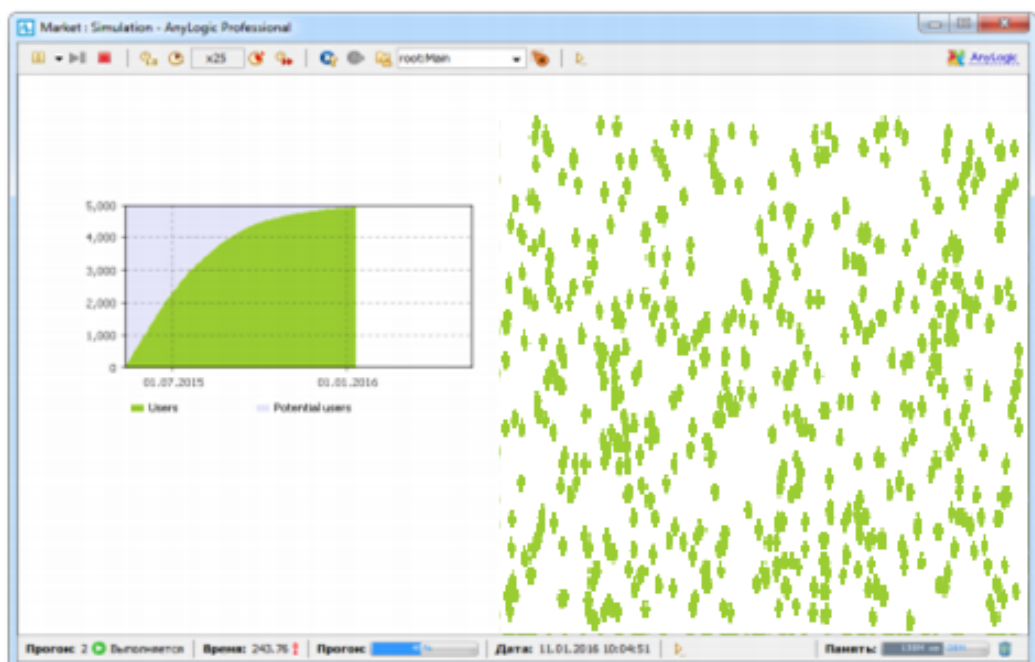


Рисунок 4.35 – Виконання моделі після додання ефекту рекомендацій

### **Завдання на виконання**

1 Ознайомитися з об'єктом моделювання – процесом виводу нового продукту на ринок.

2 Провести моделювання процесу виводу нового продукту на ринок з урахуванням:

- повторних продажів продукту;
- часу доставки продукту;
- відмов від купівлі продукту.

3 Розробити презентацію імітаційної моделі.

4 Проаналізувати результати моделювання.

5 Розробити звіт до лабораторної роботи, який повинен містити короткий опис ходу роботи та результати експериментів з імітаційною моделлю.

6 Виконати індивідуальне завдання відповідно до варіанту.

### **Довідкові матеріали до самостійної роботи:**

#### **1 Урахування повторних продажів продукту**

Припустимо, що у розглянутого продукту обмежений строк придатності (або строк експлуатації). Коли споживач більше не зможе користуватися продуктом, йому знадобиться заміна продукту.

Необхідно змодельовати повторні купівлі, припустивши, що по збіганню терміну придатності товару споживачі знову стають потенційними споживачами (тобто, агенти переходять зі стану *User* назад до стану *PotentialUser*).

Для цього на діаграму агента *Consumer* необхідно додати параметр *DiscardTime*. В якості Типу параметру обрати **Час**, у списку **Одиниця виміру** обрати **місяці** та ввести відповідне значення (табл. 4.1) у поле **Значення за замовченням**.



Зі стану *User* до стану *PotentialUser* необхідно створити перехід для того, щоб промодельовати збігання терміну використання товару. Створений перехід назвати *Discard*. Він буде спрацьовувати за таймаутом, який дорівнює значенню параметра *DiscardTime*. Справа від значення обрати **місяці**.

Тепер, під час запуску моделі на виконання, можна побачити зміну динаміки продажів продукту – через деякий час зростання насиченості ринку змінюється локальним спаданням (рис. 4.36):

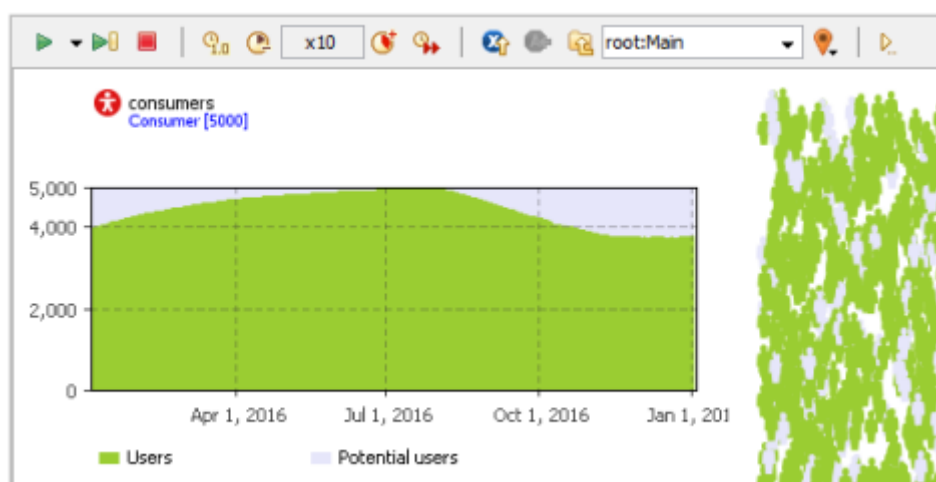


Рисунок 4.36 – Виконання моделі з урахуванням повторних продажів продукту

## 2 Урахування часу доставки продукту

Поточна модель припускає, що продукт завжди знаходиться у наявності. Тому перехід зі стану *PotentialUser* до стану *User* відбувається миттєво. Тепер модель необхідно удосконалити, додавши до споживача ще один стан, який буде відповідати часу, що минає з моменту прийняття рішення про купівлю продукту до моменту появи товару у продажу та доставки його покупцю.

Для цього необхідно створити новий стан *WantsToBuy* (Рисунок 4.37). Створений стан треба з'єднати з переходами та встановити наступні налаштування:

1) Колір заливки: *gold*;

2) Дія при вході: *shapeBody.setFillColor (gold)*.

Зі стану *WantsToBuy* до стану *User* необхідно додати перехід *Purchase* для того, щоб змодельювати доставку та, відповідно, купівлю товару (рис. 4.37).

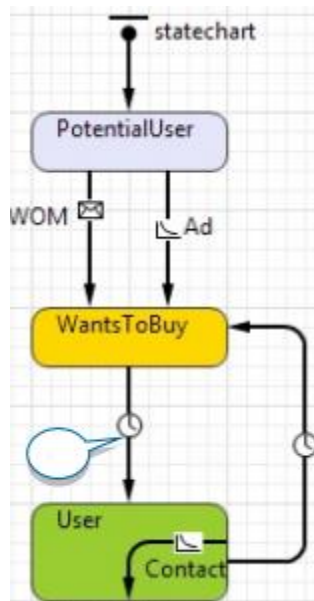


Рисунок 4.37 – Створений стан та перехід

Для створеного переходу необхідно встановити *відповідне значення* (табл. 4.1) спрацьовування за таймаутом. Дане значення відображає тривалість доставки продукту.

Для ведення обліку заявок на придбання товару необхідно створити ще одну функцію збору статистики з ім'ям *NWantToBuy* та умовою *item.inState(Consumer.WantsToBuy)*. Відповідно, до графіку на діаграмі *Main* необхідно додати ще один елемент даних для відображення зі значенням *consumers.NWantToBuy()*, заголовком *Want to buy* та кольором *gold*.

Тепер, під час виконання моделі, люди, які очікують доставку товару, будуть відображатися на діаграмі та анімації жовтим кольором (рис. 4.38):

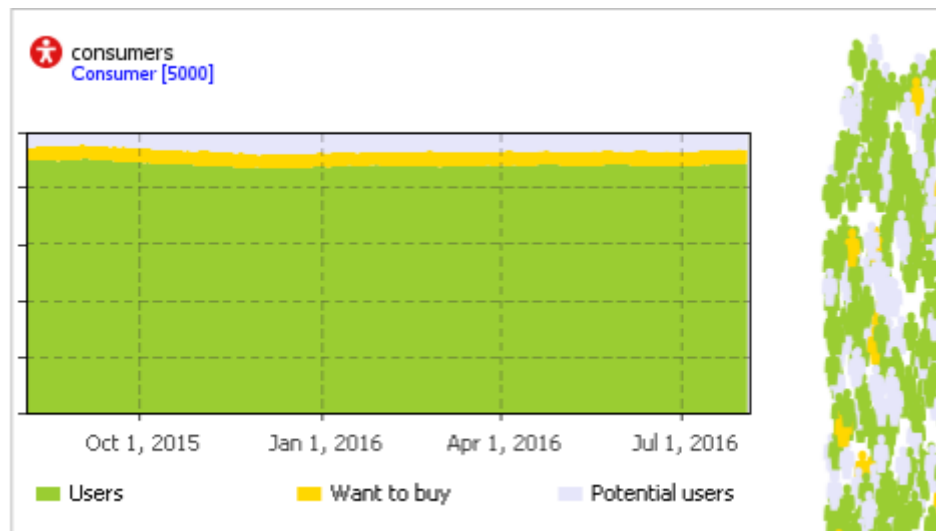


Рисунок 4.38 – Виконання моделі з урахуванням часу доставки продукту

### 3 Моделювання відмов від купівлі продукту

Тепер необхідно прийняти до уваги той факт, що час, який споживачі готові витратити на очікування доставки товару, є кінцевим. Якщо час доставки перебільшить допустимий час очікування, споживач відмовиться від купівлі товару.

Перш за все, необхідно створити два параметри, які задають максимальний час доставки товару *MaxWaitingTime* та максимальний час очікування доставки *MaxDeliveryTime* відповідно (табл. 4.1).

Значення часу доставки необхідно змінити з фіксованого періоду, на стохастичний вираз, який використовує вказаний вище діапазон значень. Для цього необхідно скористатися меню вибору функцій розподілення (рис. 4.39) та обрати функцію *Triangular*.

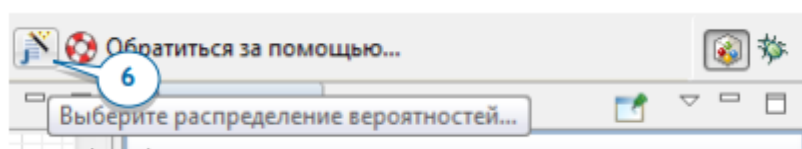


Рисунок 4.39 – Меню вибору функцій розподілення

Таким чином, в поле завдання значення таймауту необхідно помістити вираз *triangular (1, main.MaxDeliveryTime, <тривалість доставки>)*.

Також необхідно створити перехід *CantWait*, який з'єднає стани *WantsToBuy* та *PotentialUser*. Цей перехід моделює відмову покупця від купівлі товару через його довгу відсутність. Властивості переходу необхідно змінити, задавши його **Таймаут** *triangularAV (main.MaxWaitingTime, 0.15)* днів. Тут використовується трикутне розподілення із середнім значенням, яке дорівнює параметру *MaxWaitingTime*, та відхиленням від цього значення 15%.

Для того, щоб користувач мав змогу змінювати значення параметрів *MaxWaitingTime* та *MaxDeliveryTime*, необхідно створити відповідні слайдери.

Після того, як зазначені зміни будуть реалізовані, змінюючи максимальний час очікування та максимальний час доставки, можна оцінити вплив даних змін на поведінку споживачів та стан ринку (рис. 4.40):

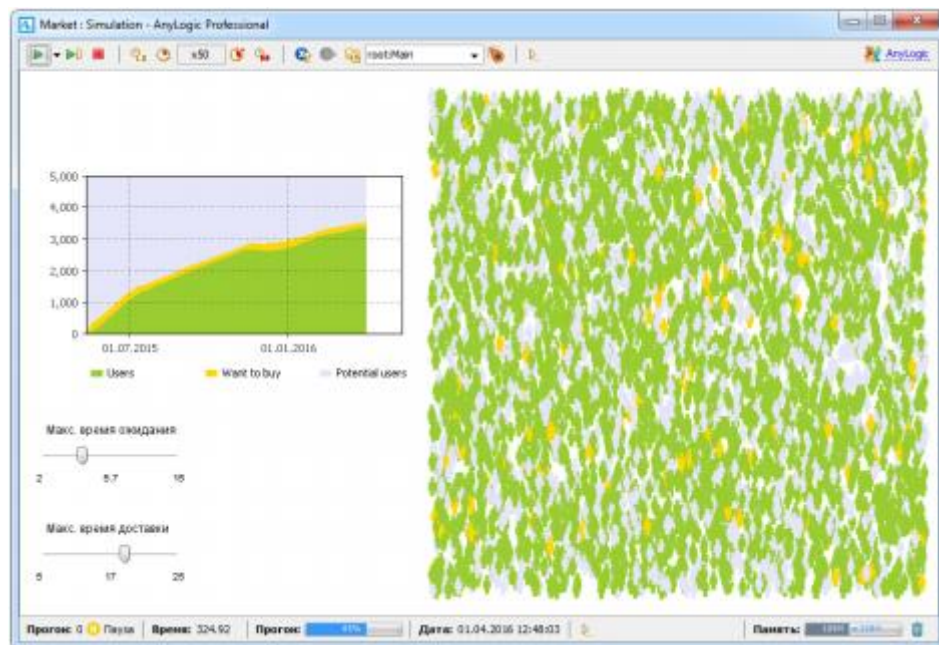


Рисунок 4.40 – Виконання моделі з урахуванням відмов від купівлі продукту

#### 4 Варіанти індивідуальних завдань

Необхідні значення параметрів, що відображають термін придатності, тривалість доставки, максимальний час очікування, та максимальний час доставки продукту, розподілені за варіантами та наведені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Варіанти індивідуальних завдань

Варіант	Термін придатності продукту	Тривалість доставки продукту	Максимальний час очікування доставки	Максимальний час доставки продукту
1	12	3	5	7
2	6	2	3	5
3	24	10	14	14
4	3	15	30	20
5	1	30	35	40
6	2	35	60	60
7	18	7	10	10
8	48	40	60	90
9	4	1	2	4
10	9	5	7	25

#### Контрольні питання:

- 1) Які налаштування доступні користувачу AnyLogic під час створення популяції агентів?
- 2) Яким чином задається поведінка агентів?
- 3) Які опції доступні користувачу AnyLogic для налаштування станів?
- 4) Які опції доступні користувачу AnyLogic для налаштування переходів?
- 5) Які існують типи спрацьовування переходу? Які типи були використані у даній моделі?
- 6) Яким чином можна налаштувати одиниці модельного часу? Які одиниці модельного часу можуть бути встановлені?
- 7) Яким чином реалізується збір статистичних даних з популяції агентів?

8) Яким чином можна створити функцію статистики? Які налаштування доступні під час створення даної функції?

9) Яким чином до моделі додається діаграма? Як зв'язати діаграму зі статистичними даними, зібраними з популяції агентів?

10) Яким чином реалізується взаємодія агентів? Яким чином необхідно налаштувати переходи для обміну повідомленнями?

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Осоргин А. Е. AnyLogic 7. Лабораторный практикум / А. Е. Осоргин. – Самара: ПГК, 2015. – 115 с.

2 Григорьев И. AnyLogic за 3 дня. Практическое пособие по имитационному моделированию [Электронный ресурс] / И. Григорьев. – Режим доступа: <http://simulation.su/uploads/files/default/2017-uch-posob-grigoriev-anylogic.pdf> , 28.04.18.

3 Боев В. Д. Компьютерное моделирование: пособие для курсового и дипломного проектирования / В. Д. Боев, Д. И. Кирик, Р. П. Сыпченко. – СПб.: ВАС, 2011. – 348 с.

4 Боев В. Д. Компьютерное моделирование: пособие для практических занятий, курсового и дипломного проектирования в AnyLogic 7 / В. Д. Боев. – СПб.: ВАС, 2014. – 432 с.

5 Киселева М. В. Имитационное моделирование систем в среде AnyLogic: учебно-методическое пособие / М. В. Киселева. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. – 88 с.

Навчальне видання

**Методичні вказівки  
до лабораторної роботи 4  
«Побудова агентних моделей у середовищі AnyLogic»  
за курсом «Моделювання систем»  
для студентів  
спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення»  
спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»**

Укладачі:

**Гамаюн Ігор Петрович  
Єршова Світлана Іванівна  
Копп Андрій Михайлович  
Лютенко Ірина Вікторівна  
Мельник Каріна Володимирівна  
Янголенко Ольга Василівна**

Відповідальний за випуск проф. Годлевський М.Д.

Роботу до друку рекомендував проф. Горілий О.В.

В авторській редакції

План 2018 р., поз. 142

Підписано до друку 15.06.18. Формат 60 × 84/16. Папір офсетн. № 2.  
Друк – ризографія. Гарнітура New Roman Times. Ум. друк. арк. 0,8.  
Наклад 50 прим. Зам. №

---

Видавничий центр НТУ «ХП», 61002, , Харків, вул. Фрунзе, 21  
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

---

Електронна версія